

Jurnal ***Rekayasa Elektrika***

VOLUME 13 NOMOR 1

APRIL 2017

**Pemrosesan Sinyal Data Sub-bottom Profiler Substrat Dasar Perairan Selat
Lembah** 42-47

Steven Solikin, Henry M. Manik, Sri Pujiati, dan Susilohadi

| | | | | | |
|-----|---------|-------|----------|---------------------------|--------------------------------------|
| JRE | Vol. 13 | No. 1 | Hal 1–64 | Banda Aceh, April 2017 | ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620X |
|-----|---------|-------|----------|---------------------------|--------------------------------------|

Pemrosesan Sinyal Data Sub-bottom Profiler Substrat Dasar Perairan Selat Lembeh

Steven Solikin¹, Henry M. Manik², Sri Pujiati², dan Susilohadi³

¹Mahasiswa Doktor, Program Studi Teknologi Kelautan, Program PDMSU Batch II, Institut Pertanian Bogor

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Jl. Agatis Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

³Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Laut, Kementerian ESDM

Jl. Dr. Djunjunan No. 236 Pasteur, Bandung 40161

e-mail: henrymanik@ipb.ac.id

Abstrak—Pemetaan dasar laut yang akurat sangat dibutuhkan untuk menjawab tantangan yang dihadapi oleh para peneliti kelautan dewasa ini. *Sub-bottom profiler* hadir sebagai salah satu sistem akustik yang digunakan untuk menggambarkan profil lapisan sedimen dasar laut, serta informasi ketebalan lapisan dan stratigrafi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menggambarkan profil 2D serta menentukan nilai koefisien refleksi lapisan sedimen dasar perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. Koefisien refleksi menjadi penting untuk dianalisis terkait hubungannya dengan ukuran butiran dan tipe sedimen dasar perairan. Akuisisi data dilakukan menggunakan *sub-bottom profiler* tipe *Syqwest Stratabox* dengan frekuensi 10 kHz. Pemrosesan sinyal FFT dan bandpass filter diaplikasikan untuk menghilangkan derau dari sinyal utama serta untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa sedimen dasar perairan memiliki nilai koefisien refleksi permukaan yang berkisar antara 0.1168 hingga 0.7938 dengan tipe dasar perairan pasir besi halus.

Kata kunci: *sub-bottom profiler, FFT, bandpass filter, koefisien refleksi*

Abstract—An accurate mapping of ocean seabed is needed to answer the challenges faced by the marine scientist today. *Sub-bottom profiler* present as one of the acoustics system which used to describe the sediment layer profile of the ocean bottom, as well as the thickness of the layer and the stratigraphy. The purpose of this research is to describe the 2D profile and to determine the value of the reflection coefficient of the sediment layers in Lembeh Strait, North Sulawesi. The reflection coefficient is necessary to be analyzed related to the seabed sediment grain size and type. The data acquisition carried out using *Syqwest Stratabox* sub-bottom profiler with the frequency of 10 kHz. FFT signal processing and bandpass filter are applied to relieve noise from main signals as well as to get better results. The results of data processing show that seafloor sediments have a value of the surface reflection coefficients which ranged between 0.1168 until 0.7938 with type iron smooth sand.

Keywords: *sub-bottom profiler; FFT; bandpass filter; reflection coefficient*

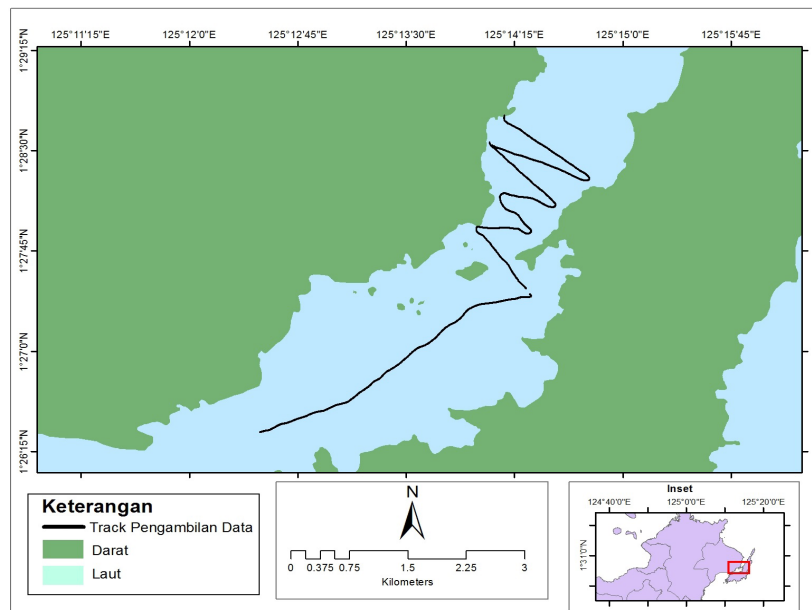
Copyright © 2017 Jurnal Rekayasa Elektrika. All right reserved

I. PENDAHULUAN

Pemetaan dasar laut yang akurat sangat dibutuhkan dewasa ini terkait hubungannya dengan peningkatan aktivitas di bidang kelautan, seperti pengerukan, eksplorasi migas, dan penelitian di bidang geologi, serta morfologi kelautan. Metode konvensional untuk memetakan dasar laut adalah dengan mengambil sampel sedimen secara langsung, namun metode ini membutuhkan biaya yang besar dan waktu yang sangat lama. Metode baru yang dikembangkan yaitu menggunakan gelombang suara (akustik) yang dapat mencakup wilayah yang lebih luas dalam waktu yang tidak terlalu lama [1]. Beberapa penelitian telah berhasil mengembangkan algoritma untuk mengklasifikasi dan memetakan dasar perairan menggunakan *single beam*, *split beam*, *multibeam*, maupun *side scan sonar* [2]-[5].

Akustik bawah air sangat bergantung pada frekuensi (*frequency dependence*) yang berkisar antara 10 Hz sampai 1 MHz. Semakin kecil frekuensi yang digunakan, gelombang akustik akan menembus lebih dalam ke dalam lapisan dasar perairan, dan demikian sebaliknya. Hal ini disebabkan semakin tinggi frekuensi akan semakin cepat diserap oleh medium air laut.

Sub-bottom profiler (SBP) merupakan salah satu instrumen akustik yang dapat digunakan untuk menggambarkan lapisan sedimen dan batuan di bawah dasar laut [6]. SBP juga memberikan informasi mengenai ketebalan sedimen dan stratigrafinya. Prinsip kerja SBP sama dengan prinsip kerja *single beam echosounders*, namun SBP menggunakan frekuensi yang jauh lebih rendah (≤ 10 kHz), sehingga mampu menembus lapisan dasar laut lebih dalam dibandingkan yang dapat dijangkau *single beam* [7].



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan data SBP

Pemrosesan sinyal dibutuhkan dalam menganalisis data SBP karena *raw data* SBP akan tercampur dengan *noise* atau derau dari lingkungan maupun dari instrumen akustik sendiri. Pemrosesan sinyal ditujukan untuk menghilangkan *noise* tersebut sehingga hanya sinyal utama yang dianalisis dan hasil klasifikasi tipe dasar perairan yang didapatkan juga akan jauh lebih akurat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menggambarkan profil 2 dimensi (2D) serta menentukan nilai koefisien refleksi lapisan sedimen dasar perairan Selat Lembeh dengan mengaplikasikan metode *filtering*, dekonvolusi, dan AGC pada data SBP.

II. METODE

A. Akuisisi Data

Pengambilan data *sub-bottom profiler* (SBP) dilakukan di perairan Selat Lembeh pada bulan April 2016. Peta lokasi pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 1. *Track* pengambilan data dilakukan secara zigzag untuk mencakup seluruh wilayah selat. Data SBP diakuisisi menggunakan SBP tipe Syqwest Stratabox yang dipasang pada bagian badan kapal (Gambar 2). Spesifikasi sensor SBP Stratabox dapat dilihat pada Tabel 1.

B. Analisis Spektrum dan Filtering

Data akustik akan mengandung *noise* atau derau yang berasal dari lingkungan (*ambient noise*) maupun yang berasal dari instrumen akustik itu sendiri (*self-noise*). *Noise* merupakan energi atau sinyal yang tidak diinginkan dan harus dihilangkan untuk mendapatkan sinyal utama yang diinginkan. Dalam seismik, umumnya dikenal 2 tipe *noise*, yaitu *random (incoherent) noise* dan *coherent noise* [8]. *Random noise* merupakan energi yang tidak bertalian

antar *trace*, contohnya adalah efek gelembung udara. *Coherent noise* merupakan energi yang dihasilkan oleh sumber seismik, contohnya adalah efek multipel refleksi (*multiple*) [9].

Perubahan data dari bentuk domain waktu ($t-x$) ke dalam bentuk domain frekuensi ($f-x$) dibutuhkan untuk dapat melakukan analisis spektrum dan filter data seismik. Salah satu algoritma yang dapat digunakan

Tabel 1. Spesifikasi sensor *stratabox*

| | |
|-----------------------|--|
| Frequency Output | 10 kHz |
| Transmit Output Power | 300 Watts |
| Input Power | 10-30 V DC |
| Dimensions | Panjang 25.4 cm, Lebar 15.876 cm, Tinggi 6.25 cm |
| Weight | 0.9 kg |
| Depth Ranges | 150 m |

Gambar 2. Pemasangan *sub-bottom profiler* pada bagian badan kapal

untuk melakukan perubahan domain tersebut adalah *Fast Fourier Transform* (FFT) (1)-(2). Fungsi utama dari FFT adalah untuk menemukan komponen frekuensi dari sebuah sinyal yang tercampur dalam *noise* sinyal domain waktu. FFT merupakan langkah awal dalam melakukan *filtering* sinyal akustik. FFT dipilih karena kemampuannya untuk mendapatkan frekuensi yang dominan dari instrumen-instrumen akustik. Informasi mengenai frekuensi ini menjadi sangat penting untuk diperhatikan karena instrumen akustik merupakan *frequency dependent*, sehingga akan sangat sulit jika menganalisa dari domain waktu saja. Pengembangan dari algoritma FFT ini adalah *Short Time Fourier Transform* (STFT) yang akan kami gunakan pada penelitian ke depannya.

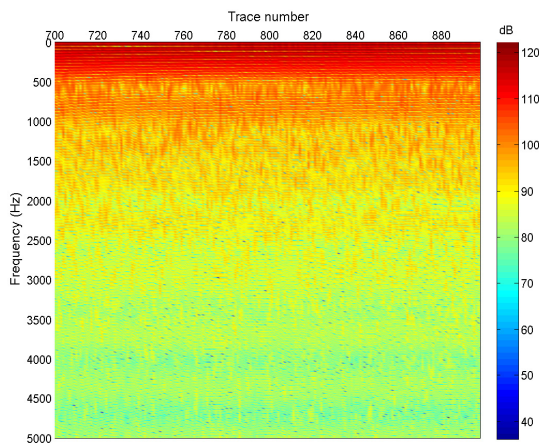
$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt \quad (1)$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{i\omega t} d\omega. \quad (2)$$

Dimana $f(t)$ adalah fungsi sinyal waktu, $F(\omega)$ adalah hasil transformasi Fourier dari $f(t)$, t adalah waktu, ω berhubungan dengan frekuensi, dan $e^{i\omega t}$ adalah *Euler sinus cosinus* ($\cos \omega t + i \sin \omega t$). Hasil FFT sinyal SBP dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil FFT menunjukkan kandungan informasi dari data awal SBP yang berada pada rentang 0 hingga 5000 Hz. Frekuensi awal data SBP (0-500 Hz) menunjukkan energi yang kuat. Hal ini disebabkan karena pada saat awal pengiriman sinyal SBP ke dalam kolom perairan, sinyal tersebut dalam zona *Rayleigh* yang merupakan zona tidak stabil, sehingga energi yang dihasilkan pun cenderung kuat karena ketidakstabilan tersebut [10].

Setelah sinyal diubah domainnya dari domain waktu ke dalam domain frekuensi, selanjutnya sinyal difilter menggunakan *bandpass filter* untuk melewati frekuensi sinyal dengan interval tertentu. Pemilihan *bandpass filter* bertujuan mengembalikan frekuensi asli dari SBP serta mempertajam *image* yang akan dihasilkan [11].

Pada penelitian ini diaplikasikan *bandpass filter*



Gambar 3. Hasil FFT sinyal SBP. Rentang frekuensi data awal SBP berkisar antara 0-5000 Hz

dengan frekuensi 50-2000-3000-4900 Hz. Selang frekuensi tersebut dipilih karena pada frekuensi tersebut terdapat banyak *noise* yang perlu dihilangkan [12]. Hasil dari *bandpass filter* ini kemudian dilakukan *inverse FFT* untuk mengembalikan sinyal ke dalam domain waktu kembali. Gambar 4 menunjukkan *bandpass filter* sinyal SBP. Hasil filter sinyal SBP menggunakan *bandpass filter* menunjukkan energi banyak berkurang pada rentang frekuensi 2000–3000 Hz. Hal ini disebabkan banyaknya *noise* pada rentang frekuensi tersebut.

C. Dekonvolusi Spike dan AGC

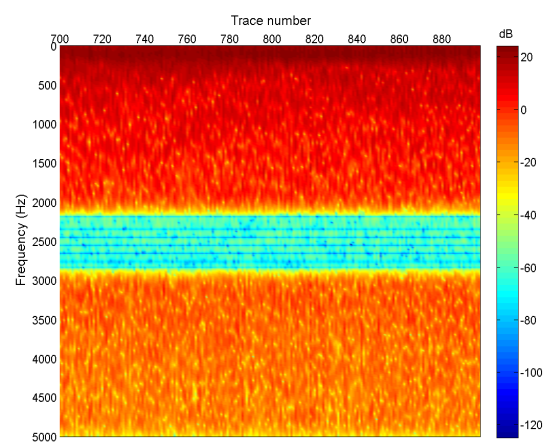
Setelah sinyal SBP difilter menggunakan *bandpass filter*, maka resolusi vertikal akan menurun karena hilangnya beberapa *band* frekuensi asli. Oleh karena itu, dilakukan dekonvolusi sinyal SBP tersebut untuk meningkatkan resolusi vertikal dari sinyal dengan penekanan *wavelet* [9]. Persamaan konvolusi seismik dapat dilihat pada (3).

$$s_n(t) = w(t) * e(t) + \gamma(t). \quad (3)$$

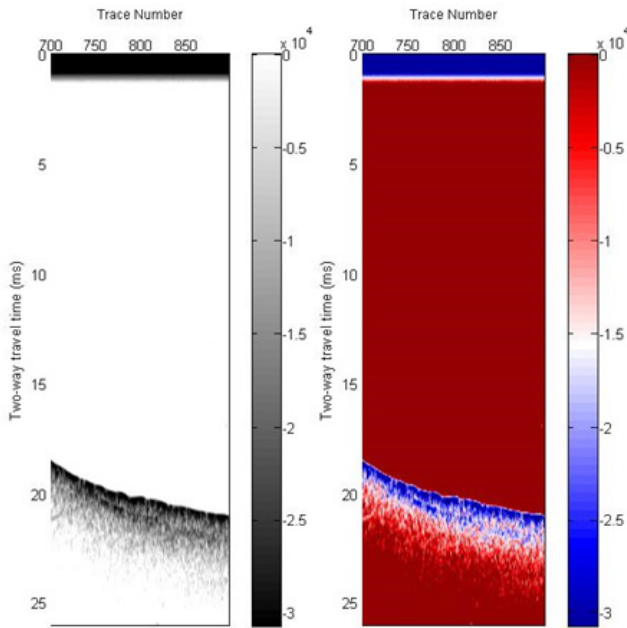
Dimana $s_n(t)$ adalah *trace* seismik yang direkam, $w(t)$ adalah *wavelet* yang dihasilkan oleh sumber seismik, $e(t)$ adalah *reflectivity series*, dan $\gamma(t)$ adalah komponen *random noise*.

Proses dekonvolusi akan melemahkan amplitudo *trace* seismik, oleh karena itu *automatic gain control* (AGC) dengan nilai *root mean square* (RMS) dilakukan untuk menguatkan energi sinyal yang hilang setelah proses dekonvolusi tersebut.

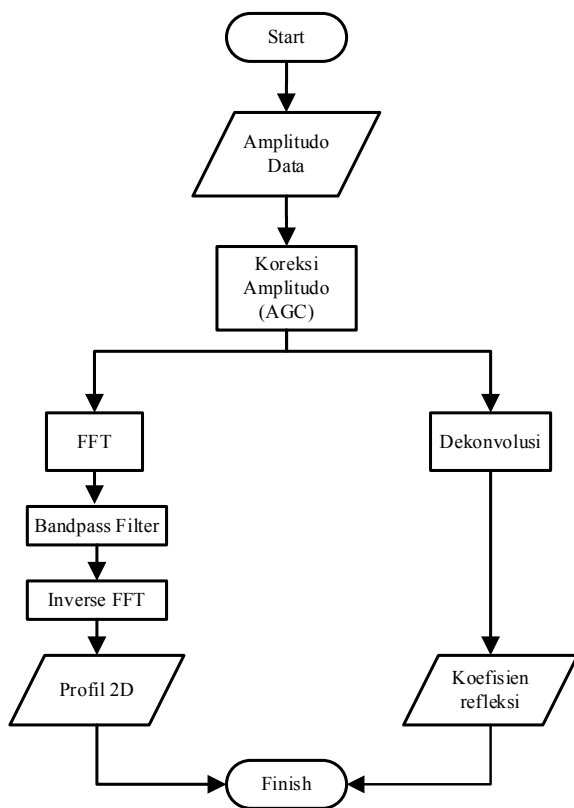
Gambar 5 menunjukkan plot data SBP (*raw data*) sebelum dilakukan *filtering* dan dekonvolusi. Plot *raw data* sebelum diaplikasikan *filtering* dan dekonvolusi menunjukkan bahwa pada *raw data* SBP masih terkandung banyak *noise* dalam sinyal awal pengambilan data, seperti contohnya *noise* pada permukaan air. *Noise* ini disebabkan getaran yang ditimbulkan dari SBP itu sendiri, selain itu banyak *noise* yang tercampur dalam sinyal utama. Oleh karena itu, *filtering* sinyal sangat dibutuhkan untuk



Gambar 4. *Bandpass filter* sinyal SBP pada rentang frekuensi 2000–3000 Hz energi cenderung berkurang banyak karena banyaknya *noise* di antara rentang frekuensi tersebut



Gambar 5. Plot data mentah SBP dalam *gray scale* (kiri) dan *color scale* (kanan) sebelum difilter dan dekonvolusi



Gambar 6. Diagram alir pemrosesan sinyal

mendapatkan sinyal utama yang diinginkan.

D. Model Koefisien Refleksi

Interaksi antara gelombang akustik dengan dasar laut sangat tergantung pada perbedaan impedansi antara kedua lapisan tersebut. Impedansi merupakan karakteristik

sebuah medium yang merupakan fungsi dari densitas medium tersebut (ρ) dan kecepatan suara yang merambat di medium tersebut (c) [6].

Nilai koefisien refleksi diuantifikasi berdasarkan persamaan Zoeppritz [12] yang mendefinisikan koefisien refleksi sebagai fungsi impedansi akustik antar lapisan sedimen (4).

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (4)$$

Dimana R merupakan nilai koefisien refleksi, Z_2 merupakan impedansi akustik lapisan kedua, (permukaan dasar perairan) dan Z_1 merupakan impedansi akustik lapisan pertama (medium air laut), dan impedansi akustik merupakan produk perkalian dari densitas basah dengan kecepatan propagasi gelombang suara pada medium.

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6. Penelitian dimulai dari tahapan akuisisi data SBP untuk mendapatkan data amplitudo. Data amplitudo kemudian dikoreksi menggunakan AGC untuk menguatkan kembali sinyal yang diterima *receiver*. Pemrosesan sinyal kemudian diaplikasikan untuk mendapatkan profil 2D dan nilai koefisien refleksi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Profil 2D

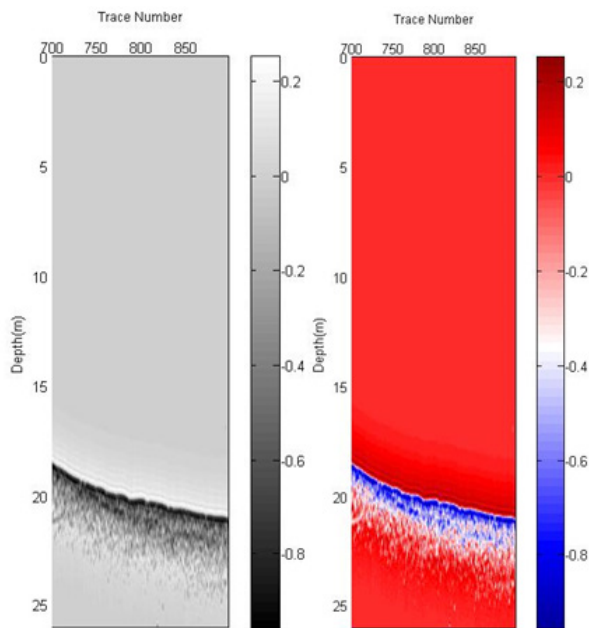
Profil 2 dimensi (2D) topografi perairan Selat Lembeh secara vertikal didapatkan setelah melalui tahapan-tahapan *filtering*, dekonvolusi, dan AGC. Sumbu x pada peta profil menyatakan *trace* seismik yang dapat dikonversi menjadi jarak pelayaran dan sumbu y menyatakan kedalaman dalam satuan meter. Peta profil 2D (Gambar 7) menunjukkan topografi dasar perairan yang cenderung menurun. Kedalaman perairan terlihat pada kedalaman 17 m dan terus menurun membentuk *slope* hingga kedalaman 21 m. Ketebalan sedimen di daerah ini mencapai ketebalan 4 m yang dapat dilihat dari sinyal permukaan dasar perairan sampai pada sinyal *reflektor* pertama. SBP tipe StrataBox memiliki karakteristik yang unik, yaitu tidak menangkap sinyal (*reflektor*) dari kolom perairan, melainkan hanya reflektor dari dasar perairan. Ketebalan sedimen dapat diduga berdasarkan *reflektor* yang diterima SBP sampai pada lapisan reflektor tersebut hilang.

Trace 700–900 mewakili wilayah survei karena adanya titik pengambilan sampel sedimen di daerah tersebut. Sampel sedimen dianalisis secara visual dengan tipe sedimen adalah pasir besi halus.

B. Koefisien Refleksi

Pendekatan nilai koefisien refleksi didapatkan dari hasil dekonvolusi. Nilai koefisien refleksi digunakan untuk mengetahui kontras impedansi antar lapisan sedimen yang merupakan perbandingan antara energi yang dipantulkan (*reflected*) dengan energi yang datang (*incident*).

Beberapa penelitian yang menggunakan model

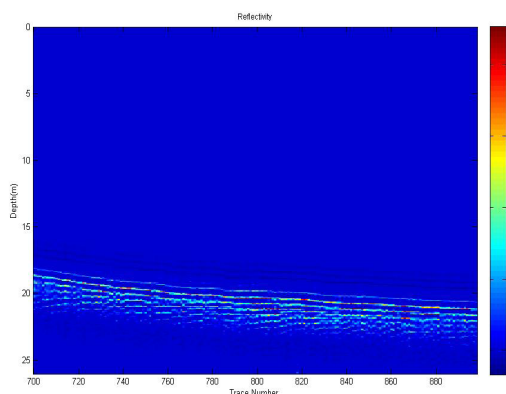


Gambar 7. Profil 2D trace 700-900

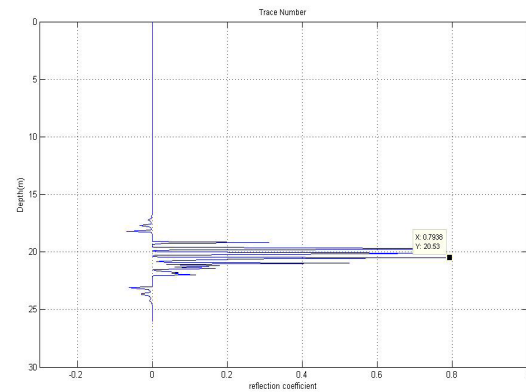
koefisien refleksi telah memasukkan parameter-parameter tambahan untuk diquantifikasi menjadi nilai koefisien refleksi [13]. Parameter-parameter tersebut antara lain adalah atenuasi akustik yang berkaitan dengan absorpsi sedimen, ketebalan sedimen, serta energi yang ditransmisikan oleh sedimen tersebut. Parameter ini akan menjadi objek penelitian kami ke depan.

Nilai koefisien refleksi seluruh *trace* dari *trace* 700–900 dapat dilihat pada Gambar 8. Nilai koefisien refleksi umumnya berkisar antara 0–1. Lapisan sedimen yang keras dan kasar umumnya akan memiliki nilai koefisien refleksi yang lebih besar dibandingkan lapisan sedimen yang halus. Nilai koefisien refleksi yang negatif menandakan bahwa impedansi di lapisan atas suatu sedimen lebih besar dibandingkan lapisan di bawahnya, sedangkan nilai 0 menunjukkan bahwa energi ditransmisikan seluruhnya dikarenakan impedansi yang homogen.

Gambar 9 menunjukkan nilai koefisien refleksi pada *trace* ke 780 yang merupakan lokasi pengambilan sampel



Gambar 8. Nilai koefisien refleksi sedimen seluruh trace. Koefisien refleksi pada seluruh trace menunjukkan nilai yang cukup kuat di permukaan dasar perairan dan menurun pada lapisan yang lebih dalam

Gambar 9. Nilai koefisien refleksi dari *single trace*

sedimen. Nilai koefisien refleksi pada *trace* ini memiliki nilai yang cukup besar, yaitu antara 0.1168 hingga 0.7938. Nilai maksimum koefisien refleksi di daerah ini dapat disebabkan karena jenis sedimen yang mengandung pada wilayah tersebut. Kandungan besi pada sedimen pasir menyebabkan impedansi sedimen pun bertambah, sehingga nilai koefisien refleksi pada wilayah tersebut pun akan semakin besar.

Penelitian Rohman [6] menunjukkan nilai koefisien refleksi dari sedimen lanau berkisar antara 0.1079 hingga 0.2894. Sedimen lanau yang memiliki impedansi yang lebih kecil memiliki nilai koefisien refleksi yang lebih kecil dibandingkan nilai koefisien refleksi yang didapatkan dari penelitian ini yang memiliki tipe sedimen pasir besi halus.

IV. KESIMPULAN

Hasil pemrosesan sinyal data SBP perairan Selat Lembeh menunjukkan sedimen permukaan memiliki ketebalan 4 m dengan kedalaman perairan antara 17–21 m. *Filtering* sinyal sangat membantu untuk menghilangkan *noise* yang terkandung dalam sinyal *raw data*, sehingga hanya sinyal utama yang akan dianalisis dan hasil klasifikasi yang didapatkan akan lebih akurat.

Hasil pemodelan koefisien refleksi menunjukkan nilai yang berkisar antara 0.1168 hingga 0.7938 dengan tipe sedimen adalah pasir besi halus. Nilai koefisien refleksi yang cukup besar dikarenakan kandungan besi dalam sedimen pasir yang menyebabkan impedansi dari lapisan sedimen tersebut bertambah.

REFERENSI

- [1] Manik HM. 2012. Seabed identification and characterization using sonar. *Advance in Acoustics and Vibration*, vol. 2012, Article ID 532458, 5 pages.
- [2] Mamede R, Rodrigues AM, Freitas R, Quintino V. 2015. Single beam acoustic variability associated with seabed habitats. *Journal of Sea Research*. 100 (2015): 152-159.
- [3] Cutter GR and Demer DA. 2013. Seabed classification using surface backscattering strength versus acoustic frequency and incidence angle measured with vertical, split-beam echosounders. *ICES Journal of Marine Science*. 71(4), 882-894.

- [4] Zhi H, Siwabessy J, Nichol S, Anderson T, Brooke B. 2013. Predictive mapping of seabed cover types using angular response curves of multibeam backscatter data: Testing different feature analysis approaches. *Continental Shelf Research*. 61-62 (2013): 12-22.
- [5] Applied Physics Laboratory, University of Washington. 1994. APL-UW High Frequency Ocean Environmental Acoustic Models Handbook, Seattle, WA, Tech. Rep. TR-9407.
- [6] Rohman S, Manik HM, Hestirianoto T, Mudita I. 2015. Analisis dan klasifikasi sedimen permukaan dasar laut menggunakan *sub-bottom profiler*. *J. Teknologi Perikanan dan Kelautan*. Vol. 6 No. 1, pp: 31-39
- [7] English Heritage. 2013. Marine geophysics data acquisition, processing, and interpretation. *Guidance Note*. p: 1-48.
- [8] Nieuwenhuise BV, Perez M, Paradigm ML. 2012. A closer look at site-survey data. Geophysical Society of Houston. *Tech Article*. P 11-14.
- [9] Mousa WA dan Al-Shuhail AA. 2011. *Processing of Seismic Reflection Data Using MATLAB*. Morgan & Claypool Publishers.
- [10] Medwin H and Clay CS. 1998. *Fundamental of Acoustical Oceanography*. San Diego: Academic Press (USA).
- [11] Dushesne MJ, Bellefleur G, Galbraith M, Kolesar R, Kusmeski R. 2007. Strategies for waveform processing in sparker data. *Mar Geophys Res*. Springer. V(27): 1-12.
- [12] Camin HJ dan Isakson MJ. 2006. A comparison of sediment reflection coefficient measurements to elastic and poro-elastic models. *J. Acoust. Soc. Am.*, 120, pp. 2437-2449.
- [13] Saleh M and Rabah M. 2016. Seabed sub-bottom sediment classification using parametric sub-bottom profiler. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*. 2016 (5): 87-95.

Penerbit:

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: rekayasa.elektrika@unsyiah.net

Telp/Fax: (0651) 7554336

